

# SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

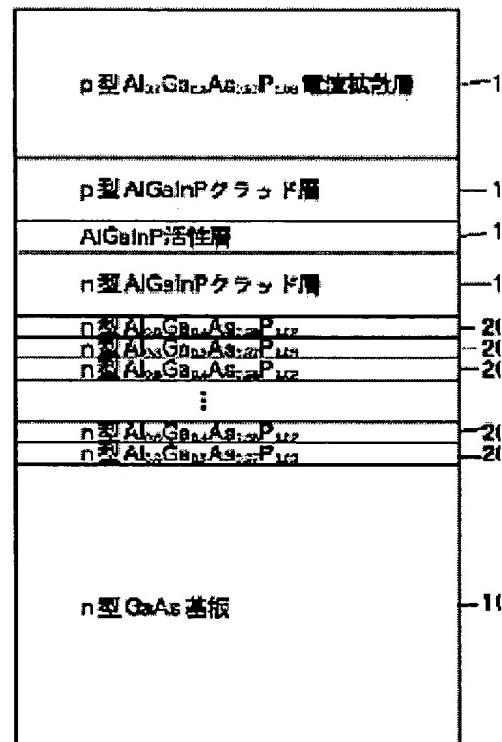
**Patent number:** JP7066455  
**Publication date:** 1995-03-10  
**Inventor:** YASUTOMI KEIZO; others: 02  
**Applicant:** SHIN ETSU HANDOTAI CO  
**Classification:**  
 - international: H01L33/00  
 - european:  
**Application number:** JP19930230977 19930824  
**Priority number(s):**

**Also publish**  
 EP06  
 US54  
 EP06

## Abstract of JP7066455

**PURPOSE:** To obtain a light reflecting layer, whose light emitting characteristic is not deteriorated even if current is conducted and light is emitted for a long time without internal stress, by specifying the material of the light reflecting layer comprising the alternate laminated films having the different refracting indexes provided between a GaAs substrate and a light emitting layer comprising AlGaInP.

**CONSTITUTION:** A light emitting diode is obtained by forming a light emitting layer part 15 comprising AlGaInP on a GaAs substrate 10 and providing a light reflecting layer 20 comprising alternate laminated films having different refractive indexes between the GaAs substrate 10 and the light emitting layer 15. Here, the material of the light emitting layer 20 is made to be  $Al_wGa_{1-w}As_r-vP_v$ , and  $0 \leq w \leq 1$  and  $0 < v \leq 0.05w$  are set. For example, many layers of  $Al0.6Ga0.4As0.98P0.0220a$  and  $Al0.8Ga0.2As0.97P0.0320b$  are alternately laminated. An active layer 13 constituting the light emitting layer 15 comprises, e.g.  $(Al_yGa_{1-y})0.51In0.49P$ . However,  $0 \leq y \leq 0.7$  is set. For the crystal growth of each epitaxial growing layer of the light reflecting layer 20 or the like, e.g. an MOVPE method is used.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-66455

(43)公開日 平成7年(1995)3月10日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 L 33/00

識別記号  
B  
A

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全5頁)

(21)出願番号 特願平5-230977

(22)出願日 平成5年(1993)8月24日

(71)出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(72)発明者 安富 敬三

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社半導体磯部研究所内

(72)発明者 能登 宣彦

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社半導体磯部研究所内

(72)発明者 竹中 卓夫

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社半導体磯部研究所内

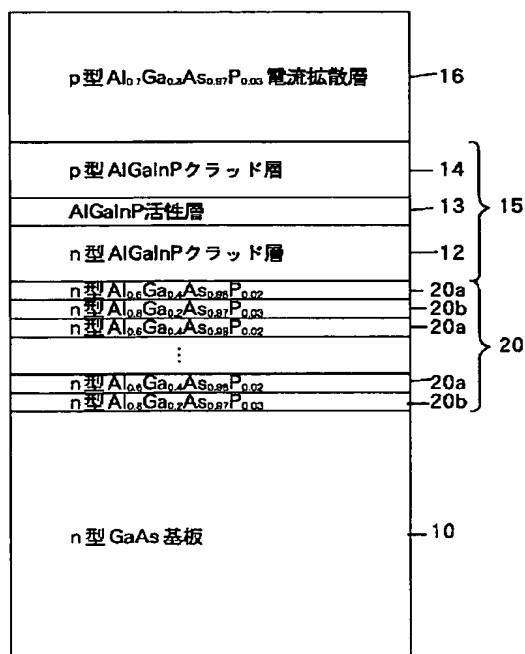
(74)代理人 弁理士 志波 邦男 (外1名)

(54)【発明の名称】 半導体発光装置

(57)【要約】

【目的】 内部応力が内在せず、長時間通電発光しても発光特性が劣化しない半導体発光装置を提供する。

【構成】 GaAs基板上にAl<sub>1-w</sub>Ga<sub>w</sub>InPからなる発光層部が形成され、前記GaAs基板と前記発光層部との間に異なる屈折率の交互積層膜からなる光反射層を設けた半導体発光装置において、該光反射層の材料にAl<sub>1-w</sub>Ga<sub>w</sub>As<sub>1-v</sub>P<sub>v</sub>（但し0≤w≤1, 0<v≤0.05w）を用いる。前記発光層部を構成する活性層は、例えば(Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>)<sub>0.51</sub>In<sub>0.49</sub>P（但し0≤y≤0.7）からなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上にAlGaInPからなる発光層部が形成され、前記GaAs基板と前記発光層部との間に異なる屈折率の交互積層膜からなる光反射層を設けた半導体発光装置において、該光反射層の材料を  $Al_xGa_{1-x}As_{1-y}P$  (但し  $0 \leq w \leq 1$  ,  $0 < v \leq 0.05w$ ) としたことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】 前記発光層部を構成する活性層が  $(Al_xGa_{1-y})_{0.51}In_{0.49}P$  (但し  $0 \leq y \leq 0.7$ ) からなる請求項1記載の半導体発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は半導体発光装置に関し、さらに詳しくは、可視発光素子（半導体レーザ、発光ダイオード等）、特にGaAs基板上にエピタキシャル成長させたAlGaInPを活性層に持つ発光ダイオードの構造に関する。

## 【0002】

【発明の背景技術】 AlGaInPダブルヘテロ構造層からなる発光層部が形成された発光ダイオードはその量子効率が極めて高く、高輝度可視発光ダイオードとして実用化されている。発光層部は、それぞれ組成比の異なるAlGaInP活性層及びそれを挟む第1及び第2AlGaInPクラッド層からなり、これらの層をGaAs基板上に格子整合させつつ成長させてなる。

【0003】しかし、AlGaInPからなる発光層部を持つダイオードの発光波長に対応する光子のエネルギーは基板であるGaAsのバンドギャップより大きいため、GaAs基板が発光光の吸収層となり、GaAs基板側に放射された発光光はGaAs基板に吸収され、光取り出し電極側に放射された発光光のみが発光ダイオードの輝度に寄与するので、十分な輝度が得られない。

【0004】そこで、GaAs基板による発光光の吸収を低減する目的で、異なる屈折率の交互積層膜からなる光反射層をGaAs基板と発光層部との間に設け、GaAs基板側へ放射された発光光を光反射層によって光取り出し電極側へ反射し、光の取り出し高率を改善する方法が行われる。光反射層は、一般的にはその光学的膜厚がそれぞれ発光波長の1/4程度となる高屈折率層と低屈折率層を交互に多数積層して形成されることが多い。この光反射層を構成する材料としては、AlGaAs、AlGaInP、若しくは両者を組み合わせたものが用いられてきた。

【0005】特にAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asを用いた光反射層は、GaAs基板とほぼ格子整合していることもあり、最も広く使用されている。例えば、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>AsとAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>Asを交互に積層した光反射層が用いられている。

【0006】図3はAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asを用いた光反射層を有する従来の発光ダイオードの断面構造を示す。この

発光ダイオードにおいては、n型GaAs基板10上に光反射層11、発光層部15及びp型電流拡散層16が順次形成されている。

【0007】発光層部15は、n型AlGaInPクラッド層12、AlGaInP活性層13、p型AlGaInPクラッド層14が順次積層されたダブルヘテロ構造層を有する。前記活性層13の組成比は発光波長に対応して定められ、一例として  $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$  (但し  $0 \leq y \leq 0.7$ ) が挙げられる。光反射層11は、厚さ400Å程度のn型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As層11aとn型Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As層11bとを交互に多数積層してなる。また、p型電流拡散層（例えばp型Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As電流拡散層）16は、該電流拡散層16上に形成されたp電極（図示せず）からの電流を発光層であるAlGaInP活性層13の全域に効果的に拡散させて効率的に発光させるために設けられる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 上記のようにGaAsとAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As及びAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>Asとは、比較的良好に格子整合しているが、それでも室温において約0.1%の格子不整合がある。このため光反射層中に格子不整合に基づく応力が内在し、長時間通電発光使用すると発光特性に劣化を生じるという問題があった。

【0009】また、AlGaInPを光反射層に用いた場合は、混晶組成、特にInの組成を制御することによって室温におけるGaAsとの格子不整合率を極めて小さくすることができ、組成が最適化されたAlGaInPを交互に積層することによって内部応力がなく、かなりの反射率を持つ光反射層を形成することができるが、全体で3~4μm以上の膜厚を持ったAlGaInPを結晶性を損うことなくGaAs基板上に成長することが困難なため、光反射層にこの材料を使用することは好ましいとは言えない。

【0010】そこで本発明は、内部応力が内在せず、長時間通電発光しても発光特性が劣化しない光反射層を有する半導体発光装置を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 本発明は、GaAs基板上にAlGaInPからなる発光層部が形成され、前記GaAs基板と前記発光層部との間に異なる屈折率の交互積層膜からなる光反射層を設けた半導体発光装置において、該光反射層の材料を  $Al_xGa_{1-x}As_{1-y}P$  (但し  $0 \leq w \leq 1$  ,  $0 < v \leq 0.05w$ ) 、例えばAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>0.02</sub>とAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As<sub>0.98</sub>P<sub>0.02</sub>とした。発光層部を構成する活性層は、例えば  $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$  (但し  $0 \leq y \leq 0.7$ ) からなる。

## 【0012】

【作用】 本発明において光反射層の材料に用いるAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>w</sub> (但し  $0 \leq w \leq 1$  ,  $0 < v \leq 0.05w$ )

5 w) 混晶は、室温において GaAs 基板と極めて良く格子整合し、室温における応力は大幅に減少する。また、結晶性を損うことなく比較的厚く形成することができる。さらに、GaAs 基板との格子整合をとるために加えるPの量は極少量であるので、AlGaAsP の電気的及び光学的特性は AlGaAs のそれと比べてさほど変化しない。従って、Al<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>P<sub>y</sub> を光反射層の材料に用いた場合は、内部応力が内在せず且つ結晶性が損われずに高い光反射率を有する光反射層を得ることができ、長期信頼性も向上する。

【0013】なお、Al<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>P<sub>y</sub>、例えば Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>0.98</sub>P<sub>0.02</sub> と Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>0.95</sub>P<sub>0.05</sub> は GaAs と異なる熱膨張係数を持っているため、成長温度である例えば 710°C では逆に GaAs と格子不整合の状態にある。その不整合率は室温における Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As と GaAs の間の不整合率とほぼ同じ約 0.1% である。通常、格子不整合状態にある結晶をエピタキシャル成長させると、ミスフィット転位が導入されてデバイス特性に悪影響を及ぼすが、光反射層の場合は各層の厚みが約 400 Å 程度と薄いため、格子不整合はエピタキシャル層の弾性変形によって緩和され、ミスフィット転位が導入されることはない。このような状態で多層膜を形成すると、いわゆる歪超格子効果によって基板からの貫通転位のエピタキシャル層への伝搬が抑えられることが知られている。よって、Al<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>P<sub>y</sub> を用いることによって、二重のデバイス特性改善効果が得られることがわかる。

## 【0014】

【実施例】次に、本発明の実施例について図1～図3を参照して詳細に説明する。

【0015】図1は本発明の一実施例である発光ダイオードの断面構造を示す。本実施例の発光ダイオードの基本構造は光反射層以外は図3に示した従来の発光ダイオードと同一なので、図1において図3と同一又は相当部分は同一符合を付してその説明を省略する。すなわち本実施例の発光ダイオードにおいては、n型GaAs 基板10 上に光反射層20、発光層部15 及び p型Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>0.98</sub>P<sub>0.02</sub> 電流拡散層16 が順次形成されている。光反射層20は、厚さ 400 Å 程度の Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>0.98</sub>P<sub>0.02</sub> 層20a と Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>0.95</sub>P<sub>0.05</sub> 層20b を交互に多数積層してなる。

【0016】光反射層20等の各エピタキシャル成長層の結晶成長には、例えばMOVPE法を用いることができる。図2は、MOVPE法で各層を成長する際に用いる成長装置の構成例を示す。この装置で成長を行う場合は、各種III族金属元素の有機物の蒸気と、気相のV族元素の水素化物とを、成長層の組成に応じて分圧及び流量を選択して混合し、得られた混合ガスを反応室30に供給し、反応室30内に配置したn型GaAs 基板10 上に所望の成長層を順次積層形成する。

【0017】マトリックス原料は、Al原料としてトリメチルアルミニウム(図において「TMA1」と表示)、Ga原料としてトリメチルガリウム(同「TMGa」)、In原料としてトリメチルインジウム(同「TMIn」)、P原料としてホスフィン(PH<sub>3</sub>)、As原料としてアルシン(AsH<sub>3</sub>)を用いることができる。また、ドーバントにはジメチル亜鉛(図において「DMZn」と表示)及びセレン化水素(H<sub>2</sub>Se)を用いる。これら以外の原料を使用してもよいことは言うまでもない。また、基板には2インチGaAs(100)を用いる。MOVPE成長は、例えば成長温度を 710°C、V族元素とIII族元素との供給量比(V/III比)を 100 とし、成長速度を 4 μm/時で行う。

【0018】AlGaAsP混晶の成長に際しては、P原料であるPH<sub>3</sub>とAs原料であるAsH<sub>3</sub>の濃度を精密にコントロールすることが重要であるが、これは通常のマスフローコントローラを用いて各ガスの流量を制御する方法で容易に達成できる。なお、AlGaInPの成長時には多量のPH<sub>3</sub>を供給する必要があり、AlGaAsPの成長時とでPH<sub>3</sub>の供給量が大きく異なることから、PH<sub>3</sub>のラインは図2に示すように2ライン以上あることが望ましい。

【0019】上記のようにして作製した本実施例の発光ダイオードの通電試験を行うと、温度 85°C、湿度 85% の条件で DCmA で 1000 時間連続動作させた後の残光率は、図3に示した従来の発光ダイオード(但し、実施例との比較のため、p型電流拡散層は実施例と同じ p型 Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>0.98</sub>P<sub>0.02</sub>とした。)と比較して 6.5% から 8.5% にまで改善された。従って、本実施例の発光ダイオードは長期信頼性に優れていることが確認できた。

【0020】なお、上記実施例では Al<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>P<sub>y</sub> の交互積層膜について説明したが、AlGaAsP と AlGaInP を組み合わせて用いることも可能である。また、上記実施例では二種類の薄膜を規則的に積層する例を示したが、交互積層膜としてその規則性を故意に乱して光反射層の反射帯域を広げることも可能であり、一般に発光スペクトルの半値幅が広い発光ダイオードにおいては有効であると言える。例えば、交互積層膜として各層の混晶比あるいは膜厚を任意に変化させることで、この広帯域化を図ることが可能である。

## 【0021】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、内部応力を大幅に低減でき、半導体発光装置のデバイス特性、特に長期信頼性を改善することができた。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の発光ダイオードの断面構造図である。

【図2】MOVPE法で各層を成長する際に用いる成長装置の概略構成図である。

【図3】従来の発光ダイオードの断面構造図である。

【符号の説明】

- 10 n型GaAs基板
- 12 n型AlGaInPクラッド層
- 13 AlGaInP活性層
- 14 p型AlGaInPクラッド層

\* 15 発光層部

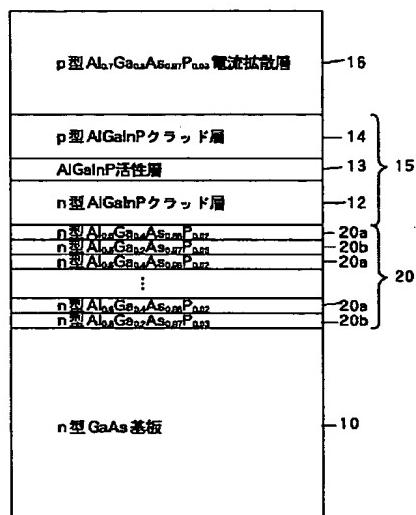
16 p型電流拡散層(図1においては、p型Al<sub>0.3</sub>As<sub>0.9</sub>P<sub>0.03</sub>電流拡散層)

20 光反射層

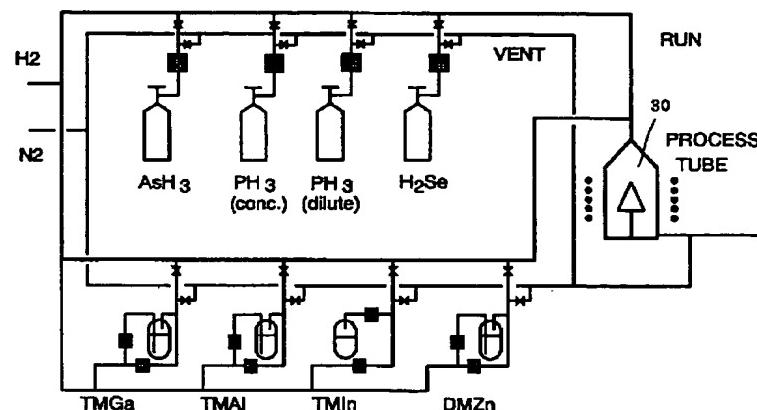
20a n型Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As<sub>0.98</sub>P<sub>0.02</sub>層

\* 20b n型Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>As<sub>0.97</sub>P<sub>0.03</sub>層

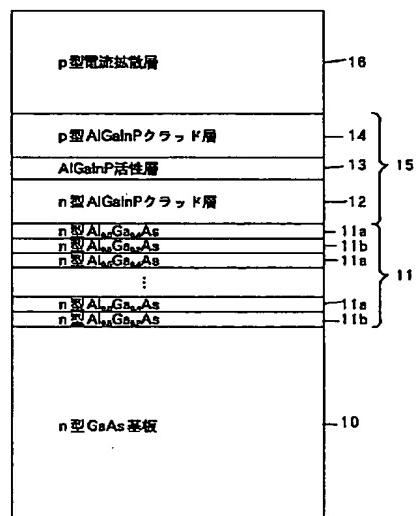
【図1】



【図2】



【図3】



## 【手続補正書】

【提出日】平成6年8月5日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0019】上記のようにして作製した本実施例の発光ダイオードの通電試験を行うと、温度85°C、湿度85

%の条件でDC 5.0 mAで1000時間連続動作させた後の残光率は、図3に示した従来の発光ダイオード（但し、実施例との比較のため、p型電流拡散層は実施例と同じp型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As<sub>0.8</sub>P<sub>0.2</sub>とした。）と比較して65%から85%にまで改善された。従って、本実施例の発光ダイオードは長期信頼性に優れていることが確認できた。